中国技术：从发明到模仿，再走向创新

张柏春
中国科学院自然科学史研究所 北京 100190

摘要　古代中国是一个发明的国度。中国人首先栽培水稻和茶树等作物，发明了丝绸、瓷器和机械时钟等。中国技术在11世纪前后基本上满足了古代农业社会的需求。19世纪60年代，中国开始技术“换道”发展，即引进和模仿西方技术，兴办近代工业。20世纪30年代前建立了工程科学。20世纪50年代，构建了比较完整的科研体系、工业体系和教育体系。在改革开放时期，通过引进技术来实现产业升级，并努力创新产品。20世纪90年代，将创新视为技术和经济发展的关键。2012年11月，党的十八大决定实施创新驱动发展战略。面对各种挑战，中国应研判本国科技处于什么发展阶段，做好科技布局和改革，有效地增强创新能力。

关键词　中国技术，发明，模仿，创新

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.2019.01.004

技术是人类文明进步的关键因素之一，是比科学更为直接的生产力。回顾中华民族在技术发展中的角色变化和典型成就，我们可以更好地理解科技发展的规律性特征，思考科技与国家命运的复杂关系，从中获得启示和激励。

1 古代技术的发明者

古代中国称得上一个科技强国，其巧夺天工的发明铸就了灿烂的中华文明，并且在与世界其他地区分享中赢得了各国的尊重。马克思认为：“火药、指南针、印刷术——这是预告资产阶级社会到来的三大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎，指南针打开了世界市场并建立了殖民地，而印刷术则变成新教的工具，总的来说变成科学复兴的手段，变成对精神发展创造必要前提的最强大的杠杆。”[1]

事实上，中国古代的重要发明创造远不止火药、指南针、印刷术、造纸术等“四大发明”。李约瑟曾用26个英文字母，列举出一些中国人的发明，如龙

资助项目：中国科学院“十三五”专项（GHJ-ZLZX-2016-21）
修改稿收到日期：2018年12月26日

骨车、水排、扇车、提花机、深钻技术、铸铁、船尾舵、火药、指南针、纸、印刷术、瓷器等[2]。中国科学院自然科学史研究所在 2015 年推选出 80 多项古代中国原创的重要科技成就。在此，我们仅列举其中的几项发明[3]。

稻。中国是栽培稻的起源地。我们的先民早在 1 万多年前就成功驯化水稻，发明水稻栽培技术。考古学家在江西万年县仙人洞遗址发现了距今约 12 000 年的稻作遗存。这是中国创造农业文明的一个重要标志。如今，水稻已经是世界第一大粮食作物，世界上一半以上的人口以稻米为主食。由此可见水稻栽培技术对人类文明的重大贡献。

大豆。许多人知道中国从美国进口大豆，却很少有人知道中国先民最早掌握大豆栽培技术，并以大豆为植物蛋白质的重要来源。在距今大约四五千年的龙山时代，大豆已有明显的驯化特征。春秋战国时期，大豆成为重要的主粮，与中国人最先栽培的粟并称为“菽粟”。西汉时期，人们已经用大豆制作豆酱，相传还发明了豆腐。大豆约在秦代传入朝鲜，18 世纪后逐渐传播到欧洲和美洲。

茶。茶是世界三大饮料之一，其原产地是中国。在周朝，巴蜀地区已经人工栽培茶树。唐代，边疆民族就到中原地区换取茶叶。后来，茶叶和茶树栽培技术传向其他国家和地区。近代，西方国家在与中国的茶叶贸易中获得了巨额的利润。如今，全球饮茶人口达 50 多亿。

丝绸。中国丝绸早已享誉世界。河南荥阳仰韶文化遗址出土的丝织物残片表明，距今 5 000 多年前，先民已开始养蚕，并利用蚕茧抽丝。缫丝技术在商代就已相当成熟。提花机在西汉时期已用于织造。养蚕、丝织技术沿“丝绸之路”传入中亚、南亚、西亚和欧洲。丝绸在许多地区属于贵重商品。

瓷器。中国是瓷器的故乡。在陶器烧制技术的基础上，先民在商代早期就发明了原始瓷，东汉时期烧制出成熟的瓷器（图 1）。此后，瓷器技术不断发展，形成白釉瓷、青釉瓷、青花瓷、五彩瓷等绚丽多姿的品种。从唐代起，中国瓷器逐渐外销到亚洲以外其他地区，如欧洲、非洲和美洲等。欧洲人曾花很长时间，去破解瓷器技术的奥秘。瓷器、丝绸和茶叶等产品是中国人以独创技术而打造的代表国家竞争力的拳头产品。

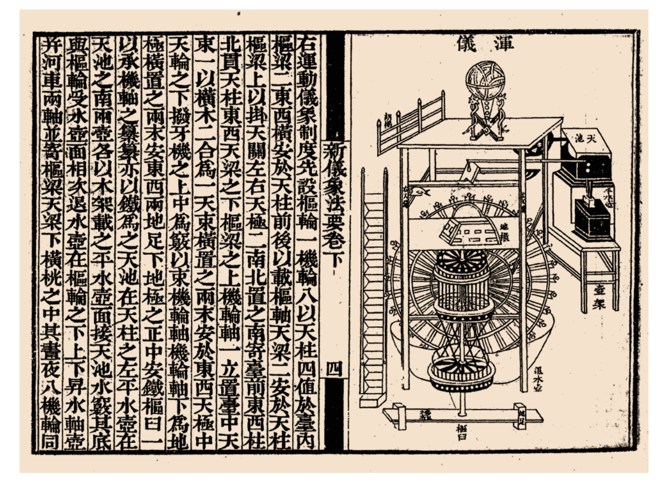


图 1　东汉青釉刻弦纹双系壶

中国技术发明在时间上不是均匀分布的。水稻栽培、养蚕等多项重要技术出现在史前，对中华文明的形成产生了至关重要的影响。经过长期积累，中国技术在秦汉时期发生质变，成就了许多重要发明和重大工程，到宋代达到又一个高峰。所有的发明创造都凝结着创新精神和工匠精神[4]。宋代理学家朱熹对工匠精神做过精辟解说：“治玉石者，既琢之而复磨之；治之已精，而益求其精也。”[5]

北宋的苏颂和韩公廉在 1092 年主持制成一座水运仪象台，即一套包括时钟、浑象和浑仪的仪器。它集成了刻漏、秤漏、水轮、杆传动、齿轮传动、链传动、凸轮传动、轴承、活动木人等多项技术，以独特

的“水轮-秤漏-杆系擒纵机构”控制水轮的转动，反映出机械设计的高超水平。苏颂撰《新仪像法要》，以成套的技术插图和文字描绘这套装置（图 2），这在制图史上非同寻常。韩公廉制作了机械的小样和大样，并进行了计算，成为古代工程师的典范。



新儀象法要卷下 四

右運動儀象制度先設樞輪一機輪八以天柱四值於臺內樞梁二東西橫安於天柱前後以載樞軸天梁二安於天柱樞梁上以掛天關左右天極二南北置之南寄臺前東西柱北貫天柱東西天梁之下樞梁之上機輪軸一立置臺中天東一以橫木二合爲一天束橫置之兩末安於東西天極中天輪之下撥牙機之上中爲轂以束機輪軸機輪軸下爲地極橫置之兩末安東西兩地足下地極之正中安鐵樞臼一以承機軸之鐏鐏亦以鐵爲之天池在天柱之左平水壺在天池之南兩壺各以木架載之平水壺面接天池水轂其底與樞輪受水壺面相次退水壺在樞輪之下上下昇水軸壺并河車兩軸並寄樞梁天梁下橫桄之中其晝夜八機輪同

图 2　水运仪象台的图说

15 世纪，中国人充分利用元代之前发明的水密舱壁、平衡舵和硬帆等技术，建造出抗沉性和操纵性俱佳的大帆船，并且兼用指南针和阿拉伯人的天文导航方法，使郑和船队实现了远航西太平洋和印度洋的壮举。不过，到 1500 年前后，欧洲人在航线、航程和冒险精神等方面都远远超过郑和船队。例如，1492 年哥伦布发现美洲大陆，1519—1522 年麦哲伦实现环球航行，这些突破为欧洲向全球扩张创造了条件。

知晓中国人擅长发明创造，就不难理解古代中国的发展与强大。中国技术在宋元时期大致满足了以家庭为主要生产单元的古代农业社会的日常需求[6]，此后则缺乏发明的动力，几乎未出现重大发明。明代技术百科全书《天工开物》描绘的内容基本上是前人的发明，鲜有重大改进。从一定意义上看，中国技术及其应用反映了农业文明颇为内敛的特点。

17 世纪前后，中国和欧洲在技术领域仍然各有千秋，在一些方面具有互补性。欧洲人，特别是天主教传教士把他们的火器、钟表和天文仪器，以及天文学、数学和地理学等知识传入中国，弥补了明清两朝技术和科学的短板。当时，中国学者听传教士提到过哥白尼、伽利略等科学家，却不知道欧洲发生了影响深远的科学革命。

18 世纪，欧洲开辟了新的技术发展道路，即发生了以瓦特蒸汽机为主要标志的工业革命与技术革命。1793 年，乾隆帝拒绝了英国使者马戛尔尼（George Macartney）的通商请求，并表现出盲目自大的态度。他和朝臣们对英国人赠送的科学仪器和机器并不敏感，更不知道欧洲的工业革命、技术革命和社会变革。正是从 18 世纪开始，中国和欧洲的技术差距骤然拉大，形成中西技术错位发展的态势[7]。

2 近现代技术的模仿者

19 世纪西方工业化国家加速向亚洲扩张，使中国不得不面对“数千年来未有之变局”[8]。清朝在两次鸦片战争中脆败给英国、法国等列强，被迫开始对外开放。古代技术敌不过近代技术，农业社会输给工业社会，这是历史的必然。

美国物理学家罗兰（Henry A. Rowland）在 1883 年 8 月15日所作的演讲中，把中国的落后归因于中国人不探究科学原理：“我时常被问及这样的问题：纯科学与应用科学究竟哪个对世界更重要？为了应用科学，科学本身必须存在。假如我们停止科学的进步而只留意科学的应用，我们很快就会退化成中国人那样。多少代人以来，他们都没有什么进步，因为他们只满足于科学的应用，却从来没有追问过他们所做事情中的原理。这些原理构成了纯科学。中国人知道火药的应用已经若干世纪，如果他们用正确的方法探索其特殊应用的原理，他们就会在获得众多应用的同时发展出化学，甚至物理学。因为只要满足于火药能够爆炸的事实，而没有寻根问底，中国人已经远远落后于世界的进步。我们现在只是将这个所有民族中最古老、人口最多的民族当成野蛮人。”[9]

罗兰点评了中国科学传统的弱点，但观点有失偏颇，且存在时间上的错位。在古代，欧洲人在探讨技术背后的科学原理方面比中国人做得多一些，但也不够深入，不够系统。他们到17世纪才真正发展实验科学并建立经典力学，18世纪提出氧化理论。在工业化进程中，工业与科学的关联愈加密切，技术愈加借用科学的方法和理论。19世纪技术知识的理论化促进了工程科学的兴起，使技术有了质的提升。

清朝洋务派官员在19世纪60年代发起“自强运动”（又称“洋务运动”），引进西方技术，创办江南机器制造总局等军工企业及福州船政学堂，仿造“坚船利炮”等产品。后来，又引进技术，试办采矿、冶金、纺织、电报等企业。清廷将洋枪洋炮用于镇压太平军，平定西北叛乱，取得明显成效。不过，洋务派开办的西式工业规模过小，结构很不合理。各企业所需机器设备和重要材料等长期依赖进口，主要技术人才以外籍为主。福州船政局作为近代专业造船厂，却不能为海军建造技术先进的主力舰船。

1895年，北洋水师全军覆没，“自强运动”遂以失败告终。清廷终于鼓励修铁路、造机器、开矿产、立学堂，天津西学学堂就在这样的形势下问世①。1900年庚子事变之后，清廷迫于形势而践行“新政”，全面认可西方的技术和工厂制，决定改革学制，发展理、工、农和医等学科教育，进而废除科举制。詹天佑②主持修筑京张铁路（图3），并且在1912年创建中华工程师会。北洋政府在1913年成立地质调查所。1928年，国民政府创建中央研究院，该院尝试了陶瓷、钢铁等方面的工程科学研究。当时的政府部门和大学也建立了一些小规模的科研机构。

企业是技术发展与创新的载体。晚清和民国的企业规模一般都比较小，并不掌握核心技术，主要从事模仿性质的生产。个别企业在消化吸收国外技术的基础上，谋求技术创新。例如，侯德榜在永利公司主持制成纯碱，还提出了新的制碱工艺。与拥有工业企业的少数城市不同，广大农村和小城镇仍然采用清代传下来的技术，延续着传统的生产和生活。

上述变化表明，中国技术开始由仿制外国产品扩展到建立工程科学[10]，跨上工业革命中形成的技术发展道路。当然，技术“换道”进程非常坎坷。由于政权更替、日本入侵和战乱等因素，中国没有一个能有效治理全国的中央政府，政府的大部分财政收入消耗在军事活动及相关事务中，用于科技和教育等事业的资金过少（全国的投入还不及发达国家的一家大企业）。尽管如此，工业、科技和教育已成为国家不可或缺的力量。例如，这些力量在抗日战争中就发挥了重要作用。

1949年10月1日，中华人民共和国成立，国家终于有了一个能有效执政的中央政府及和平的建设环境。新中国在1950年2月与苏联签订《中苏友好同盟互助条约》；同年10月出兵抗美援朝。中国向苏联“一边倒”，和其他社会主义国家一样受到西方世界的技术和贸易封锁。

新中国参照苏联经验，建立计划经济体制，采取一系列重大建设举措，迅速提升工业、科技和教育的

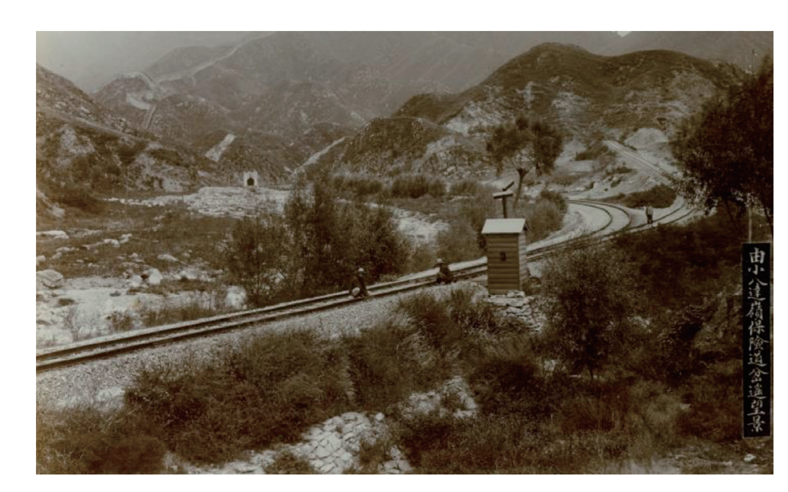


图3　京张铁路八达岭段

① 天津西学学堂创建于1895年，后来改称北洋大学。这是中国第一所近现代意义上的大学。

② 詹天佑在美国系统学习了工程科学，已经不同于鲁班等古代工匠或工程师。

水平，奠定了现代工业和科技的基础[11]。着力实施以“156项工程”等援建项目为重点的工业建设，引进和消化吸收苏联和东欧的技术，填补汽车、拖拉机、石油设备、化肥、喷气式飞机、航空发动机、坦克等领域的技术空白，提升了兵器、机床、铁路机车、桥梁、电工器材、无线电器件、合成橡胶、制药、纺织等许多领域的技术水平，初步建立起比较完整的工业体系，大幅度地增强了工业生产能力和国防实力，为经济社会的持续发展奠定了坚实基础。

20世纪50年代，中央政府以中国科学院、各部委、国防系统和大型企业等为骨干，建立科研、技术开发和产品设计体系。通过实施《1956—1967年科学技术发展远景规划》及中苏合作项目，重点发展核技术和火箭技术，以及计算机、电子、自动化、半导体和精密仪器等尖端技术，同时促进其他技术的进步，形成“以任务带学科”的科技规划模式。钱学森、钱三强、邓稼先、王淦昌、郭永怀和于敏等科学家③在苏联中断援助之后，继续攻坚克难，主持研制出导弹、原子弹和氢弹。这就打破了超级大国的核讹诈，使中国人的腰杆子硬起来了，对国家安全和国际政治都产生了非同寻常的影响。

在大批派留学生和聘请外籍专家的同时，中央政府参照苏联模式，对大学进行“院系调整”，按行业归口组建工、农、医、师范等专门学院和专科学校，合并或增设系和专业。重点发展了工科教育，组建多学科的工业大学或工学院，以及钢铁、矿业、地质、石油、机械、航空、纺织等学院。借此，高等院校为各项建设输送了大批毕业生，不断填补人才缺口。

当然，中国科技事业和其他建设事业曾走过弯路，尝试过摆脱苏联模式[12]，遭受过挫折。例如，在“文革”时期，中国虽然进一步消化吸收了苏联和东欧转移来的技术，但与发达国家的技术差距再次扩大。

1978年前后，中国发生了具有重大历史意义的转折。全国科学大会的召开标志着“科学的春天”的到来④。在大会讲话中，邓小平重申知识分子“已经是工人阶级的一部分”，做出“科学技术是生产力”的论断[13]，1988年进一步断定“科学技术是第一生产力”。如此，科技的地位空前提高，知识分子的工作热情十分高涨。1978年12月召开的中共十一届三中全会决定将全党工作重心由“以阶级斗争为纲”转向以经济建设为中心，实行对内改革、对外开放的政策。1985年3月中央发布《关于科学技术体制改革的决定》，要求科学技术必须面向经济建设，经济建设必须依靠科学技术。

1978年以来，中国争取到良好的国际环境⑤，利用国际战略机遇期，以市场换技术和投资，大规模从欧美、日本等发达国家和地区引进先进技术和设备，全面促进家电、化工、汽车、铁路等产业的升级和产品更新，成就了遍布全国各地的重大建设工程，促成40年经济高速增长，使中国经济总量跃居世界第二，在国际市场、产业和技术的分工中发挥日益重要的作用。此外，高等教育提升到硕士和博士研究生的层次，理工科招生规模不断扩大，青年留学生规模空前，中国因此拥有了世界上最庞大的科技大军。

20世纪的中国经济发展长期借助技术转移来提升产业和技术的起点。高铁就是一个非常成功的技术转移实例[14]。中国企业与科研机构从德国、法国、日本和加拿大的企业引进高铁技术，通过消化吸收来掌握一些核心技术，在动车组、筑路、牵引供电、安全监

③“两弹一星”等重大科技成就仰仗了科学家、工程师和其他人员的通力合作，这也表明高水平科学家及其所从事的基础研究在重大科技攻关中的突出作用。

④在全国科学大会召开之前，恢复全国高等院校招生考试，这也是对教育、科技和产业等领域产生广泛影响的一件大事。

⑤20世纪70年代初期，中国与发达国家的关系逐步解冻，其标志事件包括1972年美国总统尼克松访华和中日邦交正常化。

控、系统集成等方面都取得了重大成果，形成了自己的高铁技术体系，并使总体水平跻身世界先进行列。

总的来看，中国经济发展主要靠投入资金和劳动力，靠引进和消化吸收国外技术及自己的创新，靠大量消耗自然资源。当技术和工业走到中端并努力走向高端的时候，发达国家愈加担心自己的“蛋糕”被切走，于是就可能加强对中国的遏制，甚至发动贸易战。面对激烈的国际竞争和巨大的资源环境压力，中国只能转向主要依靠创新，走出要素投入增长模式，追求高质量发展。

3 现代技术创新的探索者

美国经济学家熊彼特（J. A. Schumpeter）在1912年提出“创新就是生产函数的变动”[15]。美国国家竞争力委员会将“创新”定义为：“发明与洞察力的交汇，导致经济和社会价值的创造。”[16]在中国，“创新”概念已经被泛化，其含义超出了熊彼特的界定，不限于技术发明转变为生产力并进入市场的过程。

在模仿外来技术的过程中，中国人积极进取，努力有所发明、有所创新，实现了一系列重大突破。下面，我们列举几项创新成就[17]。

*石油开发。*石油被视为工业的血液。中国地质条件比较特殊。美国地质学家布莱克韦尔德（E. Blackwelder）在1922年断言：“中国绝不会生产大量石油。”但是，中国地质学家却在陕北和甘肃玉门发现了油田。1941年，青年地质学者潘钟祥认为陆相也可以生油，这一观点后来发展为“陆相生油”理论，突破了找油的理论障碍。1959年，松辽平原的松基3井喷出油流，油田所在地“大同镇”更名为“大庆镇”。1960年，大庆油田实现石油高产，甩掉了中国贫油的帽子，满足了当时的国家战略需求。无论从创业还是从创新的角度来看，大庆油田都无愧于当时工业建设的一面旗帜。

*装备制造。*装备制造业为国民经济各部门提供机器设备，体现着国家的硬实力。在中央领导的支持下，沈鸿率领的团队经过近4年的努力，于1962年6月在上海制造出一台12 000吨自由锻造水压机。团队在模仿中求创新，将国外经验与自己的创新相结合[18]。例如，用电渣焊以小拼大；用多台移动的小机床加工大件，即“蚂蚁啃骨头”。正是由于另辟蹊径地选择设计和工艺方案，才突破了当时装备落后的制约，加工出大型零部件，成就了世界上第一台采用焊接结构的万吨级水压机。这台大机器在当时世界同类水压机中算不上领先，但它实现了一项关键技术的从“无”到“有”，解决了当时的一个“卡脖子”问题。

*粮食安全。*民以食为天。中国人口众多，粮食安全是一个大问题。1994年美国学者布朗（L. Brown）发表题为“谁来养活中国”的文章。水稻专家袁隆平、小麦专家李振声等科学家以科研成就解答了这样的问题。袁隆平在1966年提出可以利用杂交稻第一代优势，实现农业大面积、大幅度增产。他率领的团队在1974年成功培育出杂交稻种子，使平均亩产量超过500公斤。之后，他们继续攻关，多次创造水稻亩产世界纪录。2013年超级稻亩产量达到988.1公斤。2016年，双季超级稻亩产量增加到1 537.78公斤。迄今，中国杂交水稻品种或技术已经输出到100多个国家和地区，为解决世界人民的吃饭问题作出了重大贡献。

*疾病防治。*疾病防治事关国计民生和国家安全。在越南战争中，疟疾造成大量的非战斗减员。1964年，毛泽东和周恩来应越南共产党领导人的请求，并考虑到国内的同样需求，决定研制抗疟药物。1967年5月，国家科委和解放军总后勤部联合召开会议，部署组织各方力量，协作研制抗疟疾药物。屠呦呦研究组从民间验方里选出十几种中药，制备提取物，发现青蒿提取物对疟疾有60%—80%的抑制率。屠呦呦在1971年改用乙醚低温提取青蒿，将提取物抗疟效

果提高到95%以上。后来，屠呦呦与中国科学院有机化学研究所、生物物理研究所合作，先后鉴定出青蒿素的晶体结构及其分子的化学构型。中国科学院有机化学研究所和广西桂林制药厂都研制出青蒿素的衍生物，解决了青蒿素不溶于水、生物利用度低的问题。1979年“抗疟新药青蒿素”获国家发明奖二等奖（图4）。2015年屠呦呦荣获诺贝尔生理学或医学奖。

航天事业。中国航天取得了许多突出的创新佳绩，其标志性成果包括“长征三号”运载火箭（图5）。“长征三号”的第三级采用氢氧发动机，20世纪60年代初，中国科学院力学研究所在钱学森、郭永怀领导下，展开氢氧发动机的预研。1970年4月，“东方红一号”卫星发射成功后，国防科委通知七机部组织氢氧发动机的研制攻关。航天专家任新民力主尽早研制这种发动机，以提高火箭的综合性能，满足高轨道卫星发射和航天事业长远发展的需求。中国运载火箭研究院解决了计算、设计、材料、工艺和设备等方面的许多难题，成功研制出以液氢、液氧为推进剂的高能低温火箭发动机，这使中国成为第二个掌握氢氧火箭发动机技术的国家。1984年4月，“长征三号”将一颗试验通信卫星送到预定轨道，这标志着中国航天及运载技术已进入世界先进行列[19]。

中国在最近40年取得的创新业绩更为显著，政府部门、科研机构和媒体等对此都做了很多阐述和报道。到20世纪90年代中期，中共中央、科技界和经济界对“第一生产力”的认识又有突破，看到“创新”是走出跟踪模仿阶段和提高国力的关键。中共中央和国务院在1998年决定建设国家创新体系，并批准中国科学院启动“知识创新工程”试点；2006年全国科学技术大会提出，要走中国特色自主创新道路和建设创新型国家。

2012年11月，党的十八大做出实施创新驱动发展战略的决策。2015年习近平总书记提出了新要求：

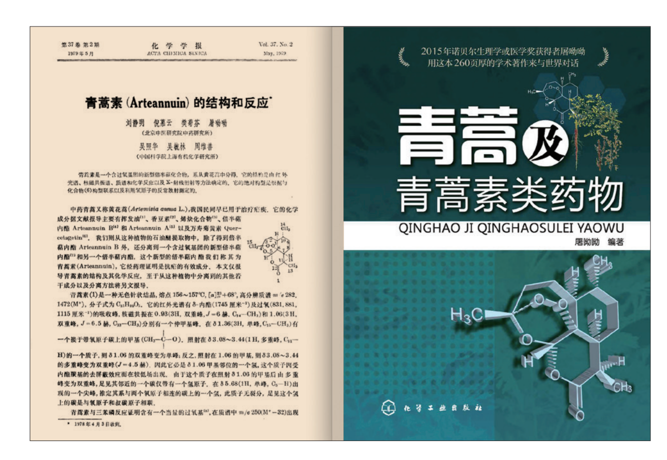


图4　关于青蒿素研究的论文与专著



图5　“长征三号”运载火箭

“我们必须把创新作为引领发展的第一动力，把人才作为支撑发展的第一资源，把创新摆在国家发展全局的核心位置，不断推进理论创新、制度创新、科技创新、文化创新等各方面创新，让创新贯穿党和国家一切工作，让创新在全社会蔚然成风。”[20]

当前，中国已经在科技人力资源、资金投入和创新产出等方面有了比较雄厚的基础[21]，实现了令人瞩目的科技突破。不过，与现代化强国相比，中国的创新能力还不够强。例如，关键领域的核心技术受制于人，许多重要产业的对外技术依存度高[22]，高端创新人才明显短缺。另外，还存在学术与技术反差较大的现象。按照某些算法，中国大陆有若干所大学已进入世界百强，而企业却不易挤进世界创新企业百强。在一些重要领域，论文发表量增长显著，甚至跻身世界前列，而相应的工业技术却与世界先进水平存在不小的差距。这恐怕不仅仅是科技成果转化为产业竞争力的问题。当前解决中美贸易战中的"卡脖子"问题和补齐事关长远发展的技术短板都是对中国科技界和产业界的考验。

4 结语

古代中国是世界发明创造的重要贡献者，为后人留下了博大的物质遗产和精神财富。到近代，中国技术由工匠传统向工程科学模式升级。在这个"换道"发展过程中，中国通过技术转移，有偿地搭上了工业化国家的"便车"。20 世纪 50 年代以来，中国通过大规模引进和消化吸收国外先进技术，逐步填补空白和完善技术体系，显著提高技术水平，并谋求创新，实现了重大科技突破。从 20 世纪 90 年代开始，特别是 2012 年以来，国家大力推动科技由跟踪模仿转向创新，以创新引领高质量发展。

历史上，仅有少数几个国家引领过科技革命、工业革命和社会现代化，而更多的国家则借助技术创新来带动社会现代化⑥。为了建成现代化强国，中国须把握世界科技发展态势，冷静地研判本国科技处于什么发展阶段，正视与国际领先水平的差距，前瞻地做好科技布局，扩大对外开放，深化体制机制改革，脚踏实地做好具体工作。一方面，要抓住"创新"这个科技转化为生产力的关键环节[23]，勇于啃硬骨头，解决关键领域的核心技术问题；另一方面，增强科学原创和技术发明的能力，为创新提供知识源。同时，还有必要改革教育，大批造就国家迫切需要的创新创业人才。

致谢 李成智教授就部分内容提出了宝贵的修改意见。陈朴副研究员协助核查了重要史料。在此表示诚挚谢意！

参考文献

1 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局. 马克思恩格斯文集（第八卷）. 北京: 人民出版社, 2009: 338.

2 Needham J. Science and Civilisation in China, Volume 1: Introductory Orientations. Cambridge: The Syndics of Cambridge University Press, 1954: 242.

3 中国科学院自然科学史研究所. 中国古代重要科技发明创造. 北京: 中国科学技术出版社, 2016: 74-75, 88-91, 96-97, 118-119, 134-135, 154-157.

4 席泽宗. 中国传统文化中的创新精神// 汝信, 李惠国. 中国古代科技文化及其现代启示（上册）. 北京: 中国社会科学出版社, 2016: 9-21.

5 朱熹. 四书章句集注. 北京: 中华书局, 1983: 53.

6 张柏春, 田淼, 马深孟, 等. 传播与汇通. 南京: 江苏科学技术出版社, 2008: 294.

7 张柏春. 中西科技错位发展四百年// 国家图书馆. 部级领导干部历史文化讲座（2011）. 北京: 国家图书馆出版社, 2012: 27-48.

8 李鸿章. 筹议海防折（1874年）// 顾廷龙, 戴逸主. 李鸿

⑥ 例如，美国和日本都是首先通过技术转移和创新来实现工业化，并且在工业发展进程中谋求创新和发明。它们的工业和技术先达到国际先进水平，在一些领域还起到引领作用，之后才逐渐在基础研究方面作出卓越的贡献。其实，这两个国家也非常重视科技教育和基础研究，以此为工业化、创新和发明提供越来越有力的支持。

章全集（第6册）. 合肥: 安徽教育出版社, 2008: 159-160.
9 亨利·奥古斯特·罗兰. 为纯科学呼吁. 王丹红, 译. 科学新闻, 2005, (5): 42-46.
10 Zhang B. The early modernization of technology in China (1860-1930). Acta Historica Leopoldina. 2018, (69): 149-158.
11 张柏春，姚芳，张久春，等. 苏联技术向中国的转移（1949—1966）. 济南: 山东教育出版社, 2004: 401-415.
12 董光璧. 中国近现代科学技术史. 长沙: 湖南教育出版社, 1995: 1135-1161.
13 邓小平. 邓小平文选（第二卷）. 北京: 人民出版社, 1994: 87-92.
14 白春礼. 中国科技的创造与进步. 北京: 外文出版社, 2018: 116-118.
15 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论——对于利润、资本、信贷、利息和经济周期的考察. 何畏, 易家祥, 张军扩, 等译. 北京: 商务印书馆, 2011: 297.
16 Council on Competitiveness. Innovate America: National Innovation Initiative Summit and Report: Thriving in a World of Challenge and Change. Washington DC, 2005: 8.
17 白春礼. 中国科技的创造与进步. 北京: 外文出版社, 2018: 77-82, 124-128.
18 孙烈. 制造一台大机器——20世纪50—60年代中国万吨水压机的创新之路. 济南: 山东教育出版社, 2012: 79-160.
19 李成智. 中国航天技术发展史稿. 济南: 山东教育出版社, 2006: 472-498.
20 中共中央文献研究室. 习近平关于科技创新论述摘编. 北京: 中央文献出版社, 2016: 9.
21 中国科学院. 科技强国建设之路: 中国与世界. 北京: 科学出版社, 2018: 201-218.
22 中国科学院. 科技革命与中国的现代化: 关于中国面向2050年科技发展战略的思考. 北京: 科学出版社, 2009: 29.
23 张柏春. 科技革命及其对国家现代化的推动刍议. 科学与社会, 2012, 2 (1): 22-31.

Chinese Technology: From Invention to Imitation, and Further to Innovation

ZHANG Baichun
(Institute for the History of Natural Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract Ancient China was a producer of inventions. The Chinese not only were the first to grow such crops as rice and tea plant, but also invented silk, porcelain, mechanical clocks, and so on. In about the eleventh century, Chinese technologies basically satisfied the demands from the pre-modern agricultural society. In the 1860s, China started to switch technology from ancient to modern, i.e. , to introduce and imitate Western technology and to construct modern industry. Before the 1930s, China developed engineering science and education. The 1950s witnessed the construction of R&D institutions and the industrial system, and the reform of the education system. In 1978, China began to implement the reform and opening-up policy which embraced the outside world. Since then, industrial upgrades have been enabled by the introduction of foreign technology, and endeavours have been made to innovate products. In the 1990s, China deemed innovation as the key to developing technology and economy. In November 2012, Chinese Communist Party Central Committee decided to implement the strategy of innovation-driven development. Facing various challenges, the Chinese should have a clinical view of technology gaps with the developed countries, and make a rational layout and required reforms to effectively enhance the innovation ability.

Keywords Chinese technology, invention, imitation, innovation



张柏春　中国科学院自然科学史所所长，研究员。英文学术期刊*Chinese Annals of History of Science and Technology*主编。主要研究技术史、知识传播史与比较史、科技发展战略等，出版《传播与会通》《苏联技术向中国的转移》《传统机械调查研究》《明清测天仪器之欧化》和*Transformation and Transmission*等专著。现主持编撰《中国大百科全书·科技史》（第三版）。E-mail: zhang-office@ihns.ac.cn

ZHANG Baichun　Director of the Institute for the History of Natural Sciences, Chinese Academy of Sciences (CAS), the Editor-in-Chief for *Chinese Annals of History of Science and Technology*. His research fields include: the history of technology, the dissemination of scientific knowledge, S&T strategy, and comparative studies of S&T history between China and the West. His publications include books such as *Transmission and Integration*, *Technology Transfer from the Soviet Union to the P. R. China (ПЕРЕДАЧА ТЕХНОЛОГИЙ ИЗ СОВЕТСКОГО СОЮЗА В КИТАЙ)*, *The Investigations of Traditional Chinese Machines*, *Transformation and Transmission*, as well as *The Europeanization of Astronomical Instruments during the Ming and Qing China*. Now he is in charge of writing of *Encyclopedia of China: the History of Science and Technology*.
E-mail: zhang-office@ihns.ac.cn

■责任编辑：张帆

参考文献（双语版）

1 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局. 马克思恩格斯文集（第八卷）. 北京: 人民出版社, 2009: 338.
Central Compilation and Translation Bureau. Marx and Engels Collected Works (Volume VIII). Beijing: People's Publishing House, 2009: 338. (in Chinese)

2 Needham J. Science and Civilisation in China, Volume I: Introductory Orientations. Cambridge: The Syndics of Cambridge University Press, 1954: 242.

3 中国科学院自然科学史研究所. 中国古代重要科技发明创造. 北京: 中国科学技术出版社, 2016: 74-75, 88-91, 96-97, 118-119, 134-135, 154-157.
The Institute for History of Natural Sciences, Chinese Academy of Sciences. Ancient Chinese Important Scientific and Technological Inventions and Creations. Beijing: Science and Technology of China Press, 2016: 74-75, 88-91, 96-97, 118-119, 134-135, 154-157. (in Chinese)

4 席泽宗. 中国传统文化中的创新精神// 汝信, 李惠国. 中国古代科技文化及其现代启示（上册）. 北京: 中国社会科学出版社, 2016: 9-21.
Xi Z Z. On the Innovation Spirits of Chinese Culture// Ru X, Li H G. Ancient Chinese Science and Technology Culture and Its Modern Enlightenment (Volume I). Beijing: China Social Sciences Press, 2016: 9-21. (in Chinese)

5 朱熹. 四书章句集注. 北京: 中华书局, 1983: 53.
Zhu X. Annotation of Chapters and Sentences of the Four Books. Beijing: Zhonghua Book Company, 1983: 53. (in Chinese)

6 张柏春, 田淼, 马深孟, 等. 传播与会通. 南京: 江苏科学技术出版社, 2008: 294.
Zhang B C, Tian M, Ma S M, et al. Communication. Nanjing: Phoenix Science Press, 2008: 294. (in Chinese)

7 张柏春. 中西科技错位发展四百年// 国家图书馆. 部级领导干部历史文化讲座（2011）. 北京: 国家图书馆出版社, 2012: 27-48.
Zhang B C. Four Hundred Years of Misaligned Development of Chinese and Western Science and Technology// National Library. Lecture on History and Culture of Ministerial Leaders (2011). Beijing: National Library of China Publishing House, 2012: 27-48. (in Chinese)

8 李鸿章. 筹议海防折（1874年）// 顾廷龙, 戴逸主. 李鸿章全集（第6册）. 合肥: 安徽教育出版社, 2008: 159-160.
Li H Z. Proposal for Haiphong Fold (1874)// Gu T L, Dai Y Z. Li Hongzhang's Complete Works (Volume VI). Hefei: Anhui Education Press, 2008: 159-160. (in Chinese)

9 亨利·奥古斯特·罗兰. 为纯科学呼吁. 王丹红, 译. 科学新闻, 2005, (5): 42-46.
Rowland H A. A plea for pure science. Translated by Wang D H. Science News, 2005, (5): 42-46. (in Chinese)

10 Zhang B. The early modernization of technology in China (1860—1930). Acta Historica Leopoldina. 2018, (69): 149-158.

11 张柏春, 姚芳, 张久春, 等. 苏联技术向中国的转移（1949—1966）. 济南: 山东教育出版社, 2004: 401-415.
Zhang B C, Yao F, Zhang J C, et al. Technology Transfer from the Soviet Union to the P. R. China (1949—1966). Jinan: Shandong Education Press, 2004: 401-415. (in Chinese)

12 董光璧. 中国近现代科学技术史. 长沙: 湖南教育出版社, 1995: 1135-1161.
Dong G B. History of Chinese Science and Technology. Changsha: Hunan Education Publishing House, 1995: 1135-1161. (in Chinese)

13 邓小平. 邓小平文选（第二卷）. 北京: 人民出版社, 1994: 87-92.
Deng X P. Selected Works of Deng Xiaoping (Volume II). Beijing: People's Publishing House, 1994: 87-92. (in Chinese)

14 白春礼. 中国科技的创造与进步. 北京: 外文出版社, 2018:

116-118.

Bai C L. China's Creations and Progress in Science and Technology. Beijing: Foreign Languages Press, 2018: 116-118. (in Chinese)

15 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论——对于利润、资本、信贷、利息和经济周期的考察. 何畏, 易家祥, 张军扩, 等译. 北京: 商务印书馆, 2011: 297.

Schumpeter J A. The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle. Translated by He W, Yi J X, Zhang J K, et al. Beijing: The Commercial Press, 2011: 297. (in Chinese)

16 Council on Competitiveness. Innovate America: National Innovation Initiative Summit and Report: Thriving in a World of Challenge and Change. Washington DC, 2005: 8.

17 白春礼. 中国科技的创造与进步. 北京: 外文出版社, 2018: 77-82, 124-128.

Bai C L. China's Creations and Progress in Science and Technology. Beijing: Foreign Languages Press, 2018: 77-82, 124-128. (in Chinese)

18 孙烈. 制造一台大机器——20世纪50—60年代中国万吨水压机的创新之路. 济南: 山东教育出版社, 2012: 79-160.

Sun L. Making a Big Machine: The Road of Innovation to the 120 MN Hydraulic Forging Press in 20th Century China. Jinan: Shandong Education Press, 2012: 79-160. (in Chinese)

19 李成智. 中国航天技术发展史稿. 济南: 山东教育出版社, 2006: 472-498.

Li C Z. A Draft History of Space Technology in China. Jinan: Shandong Education Press, 2006: 472-498. (in Chinese)

20 中共中央文献研究室. 习近平关于科技创新论述摘编. 北京: 中央文献出版社, 2016: 9.

Document Research Office of the Central Committee of the Communist Party of China. Excerpts from Xi Jinping's Discussion on Scientific and Technological Innovation. Beijing: Central Party Literature Press, 2016: 9. (in Chinese)

21 中国科学院. 科技强国建设之路: 中国与世界. 北京: 科学出版社, 2018: 201-218.

Chinese Academy of Sciences. The Road to Build a Powerful Sci-tech Country: China and the World. Beijing: Science Press, 2018: 201-218. (in Chinese)

22 中国科学院. 科技革命与中国的现代化: 关于中国面向2050年科技发展战略的思考. 北京: 科学出版社, 2009: 29.

Chinese Academy of Sciences. Technological Revolution and China's Modernization: Reflections on China's Science and Technology Development Strategy for 2050. Beijing: Science Press, 2009: 29. (in Chinese)

23 张柏春. 科技革命及其对国家现代化的推动刍议. 科学与社会, 2012, 2 (1): 22-31.

Zhang B C. A brief discussion on the scientific and technological revolution and its promotion to national modernization. Science and Society, 2012, 2 (1): 22-31. (in Chinese)